

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-9442

(P2000-9442A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 B 11/24

識別記号

F I

G 0 1 B 11/24

テーマコード (参考)

A 2 F 0 6 5

K

審査請求 未請求 請求項の数6 FD (全8頁)

(21) 出願番号 特願平10-191063

(22) 出願日 平成10年6月22日 (1998.6.22)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 安部 勉

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 加藤 裕樹

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100093470

弁理士 小田 富士雄 (外2名)

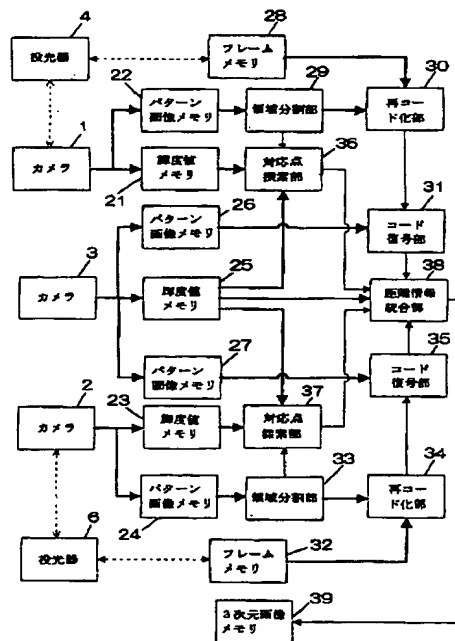
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元画像撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 対象物に依存せず精度良く3次元画像を撮影可能な3次元画像撮影装置を提供する。

【解決手段】 コード化されたパターンを投影する投光器4、6と、各投光器の光軸方向から投影パターンを撮影するカメラ1、2と、各投光器の光軸方向と異なる方向から投影パターンを撮影するカメラ3とを備える。投影パターンに対するカメラ1、2による撮影パターンの変化量が所定値以上かどうかを領域分割部29、33で判断し、所定値以上の領域には再コード化部30、34で新たなコードを割り付ける。コード復号部31、35では、この割り付けられたコードを用いてカメラ3による撮影パターンから距離情報を生成し、距離情報統合部38でこの距離情報とカメラ3より得られた輝度情報に基づいて3次元画像を得よう構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コード化されたパターンを投影する第1の投光器と、第1の投光器の光軸方向から前記投影パターンを撮影する第1のカメラと、第1の投光器の光軸方向と異なる方向から前記投影パターンを撮影する第2のカメラとを備え、前記投影パターンに対する第1のカメラによる撮影パターンの変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、前記割り付けたコードを用いて第2のカメラによる撮影パターンから第1の距離情報を生成し、第1の距離情報および第2のカメラより得られた輝度情報に基づいて3次元画像を得よう構成したことを特徴とする3次元画像撮影装置。

【請求項2】 前記第1の投光器による投影パターンに対する第1のカメラによる撮影パターンの変化量が所定値未満の領域について、第1のカメラおよび第2のカメラより得られた各輝度情報の対応づけにより第2の距離情報を生成し、第1の距離情報、第2の距離情報および第1のカメラより得られた輝度情報を用いて3次元画像を得よう構成したことを特徴とする請求項1記載の3次元画像撮影装置。

【請求項3】 前記投光器は不可視領域の光を発生する光源を有し、第1のカメラは不可視領域の光を透過するフィルターおよび不可視領域の光を遮断するフィルターを有することを特徴とする請求項1記載の3次元画像撮影装置。

【請求項4】 第1の投光器及び第1のカメラは、同一平面上で第2のカメラを挟んで設けられた赤外光源を有する第3の投光器及び紫外光源を有する第4の投光器並びに第3及び第4の投光器の各光軸方向からそれぞれ投影パターンを撮影する第3及び第4のカメラから構成されることを特徴とする請求項1記載の3次元画像撮影装置。

【請求項5】 コード化されたパターンを投影し、前記パターンの投影と同じ光軸方向および異なる光軸方向からそれぞれ前記投影パターンを撮影し、前記投影パターンに対する前記同じ光軸方向から撮影した撮影パターンの変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、前記割り付けたコードを用いて前記異なる光軸方向から撮影した撮影パターンから距離情報を生成し、前記距離情報および前記異なる光軸方向から撮影して得た輝度情報に基づいて3次元画像を得よう構成したことを特徴とする3次元画像撮影方法。

【請求項6】 入射光を分割する光分割部と、前記分割された光を赤外領域透過フィルターを介して撮像する第1の撮像部と、前記分割された光を紫外領域透過フィルターを介して撮像する第2の撮像部と、前記分割された光を赤外及び紫外領域遮断フィルターを介して撮像する第3の撮像部とを備えたことを特徴とするカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、輝度情報および距離情報から3次元画像情報を生成する3次元画像撮影装置に関する。

【0002】

05 【従来の技術】従来から、対象物体の形状を測定する方法として、パッシブ手法（shape from X、ステレオ視）とアクティブ手法（レーザーレーダ、パターン投影、スポット投影）とが知られている。このうち、パッシブ手法は汎用的であり対象物体に対する制約が少ないという特色を有し、一方、アクティブ手法は一般的に計測精度は高いが投光手段の限界などにより測定できるレンジが小さい場合が多いという特色を有する。

10 【0003】アクティブ手法の一つであるパターン投影法では、対象とする物体に基準となるパターン光を投影し、このパターン光が投影された方向とは異なる方向から投影パターンを撮影する。撮影されたパターンは、物体の形状によって変形を受けたものとなる。この撮影された変形パターンと投影したパターンとの対応づけを行うことで、物体の3次元計測を行うことができる。

20 【0004】パターン投影法では、変形パターンと投影したパターンの対応づけを、いかに誤対応を少なくかつ簡便に行うかが課題となる。そこで、様々なパターン投影の手法（空間パターンコード化、モアレ、色符号化など）が提案されている。例えば、特開平5-33273
25 7号公報には、空間コード化法を用いた小型で簡易な形状計測装置が開示されている。この装置は、レーザ光源と、レーザ光をスリット形に整形するレンズ系と、整形されたレーザ光を対象物に照射し走査するスキャンニング装置と、対象物からの反射光を検出するCCDカメラと、これらを制御する装置とからなる。対象物をスキャンニング装置によってレーザ光で走査すると、レーザ光の照射された部分と照射されない部分が生じ縞模様が形成される。レーザ光の照射を複数の異なるパターンにより行うことで、対象物はN個の識別可能な部分に分割される。対象物を異なる位置からCCDカメラで撮影した
35 画像上の各画素が、分割されたどの部分に含まれるかを判別することにより、対象物の形状を算出することができる。ここで解像度を高くする為には、複数回のレーザによる走査と複数回のカメラによる撮影が必要となる。例えば、画面を256の領域に分割するには8回の撮影が必要である。そのため動きの早い物体の撮影は困難となり、更にスキャンを行う間は撮影系を確実に固定しておく必要があるので、装置自体は簡便となっても手軽に撮影を行う事は難しい。

45 【0005】パターンの投光回数を減らすものとして、例えば特開平3-192474号公報に開示された色符号化法がある。色符号化法においては、q、kを2以上の所定の自然数とした時、q色以上の色を用いて、隣接する2本のスリット光が同色にならず、隣接するk本のスリット光による色の並びが1度しか現れないように符

50

号化されたパターンを投影し、観測された画像からスリットの色を検出し、該当スリットの色並びからスリット番号を取得する。このスリット番号からスリットの照射方向を算出することにより、空間コード化法の場合と同様にして距離を算出することができる。色符号化法では、コード列の並びからコードを復元する為に、コードの復元の計算量が大いという問題がある。例えば、赤、緑、青の3色を用いて256の領域に分割したい場合には、スリットの周囲8本のスリット光の並びを知る必要がある。従ってこの方法は、連続してスリットが長く観測できるような形状の物体の計測にしか適さない。

【0006】スリットの復元を容易に行い、更に1回でコード化されたパターンを投影するものとして、例えば特許第2565885号公報で提案されているような空間パターンコード化法がある。この方法は、3値以上の濃淡、又は3色以上の色、又は濃淡と色の組み合わせによる3種類以上の階調領域を有する。そして、階調領域の境界線の交点において少なくとも3種類の階調領域が互いに接するように配置した多値格子板パターンを具備し、このパターンを被測定対象物に投影して生じる投影像の交点に階調の種類と順序に応じた主コードを付与する。そして、この主コードを、または前記交点の主コードとその周囲交点の主コードとを組み合わせた組み合わせコードを、先の交点の識別用の特徴コードとして付与するものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の方法では、撮影対象によってはコード化が崩れてしまい正しいコードの対応づけができなくなる場合がある。例えば、光源により投光されたパターン列をカメラで撮影したとき、撮影されたパターン列に欠落や反転が生じることがある。また、対象物の形状や反射率などによっても投光したパターン列と撮影されたパターン列の変化により対応づけが困難となる場合がある。

【0008】この問題に対して、色符号化法においては、スリットの欠落や反転の可能性があるパターンについては復号を行わないようにして、この問題を避けている。また空間パターンコード化法では、2次元パターンを用いて前述の誤りの可能性を低減してはいるが、対象物によっては原理的に同じ誤りが生じてしまう。したがってこの方法は、実験室内の特殊な状況や対象物体を限定した状況での撮影では優れた精度が得られるものの、対象物体を限定しない一般的な撮影状況では精度の劣化は否めない。

【0009】また、光源を用いて投光を行う手法では、広いレンジを有するものを対象とした時に、投光パターンの届かない部位については3次元形状が得られない。さらに、投光パターンが対象物に遮られて生じる影の領域も、距離の計測ができないため3次元形状が得られないという問題がある。

【0010】従って本発明の目的は、対象物に依存せず精度良く3次元画像を撮影可能な3次元画像撮影装置を提供することにある。

【0011】

05 【課題を解決するための手段】上記目的は、コード化されたパターンを投影する第1の投光器と、第1の投光器の光軸方向から前記投影パターンを撮影する第1のカメラと、第1の投光器の光軸方向と異なる方向から前記投影パターンを撮影する第2のカメラとを備え、前記投影パターンに対する第1のカメラによる撮影パターンの変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、前記割り付けたコードを用いて第2のカメラによる撮影パターンから第1の距離情報を生成し、第1の距離情報および第2のカメラより得られた輝度情報に基づいて3次元画像を得よう構成した3次元画像撮影装置により、達成される。

10 【0012】投影パターンに対する第1のカメラによる撮影パターンの変化量が所定値未満の領域については、第1のカメラおよび第2のカメラより得られた各輝度情報の対応づけにより、第2の距離情報を生成することができる。この第2の距離情報は、上述の3次元画像の生成に用いられる。また、第1の投光器及び第1のカメラは、同一平面上で第2のカメラを挟んで設けられた赤外光源を有する第3の投光器及び紫外光源を有する第4の
15 投光器並びに第3及び第4の投光器の各光軸方向からそれぞれ投影パターンを撮影する第3及び第4のカメラから構成することができる。

20 【0013】本発明に係る3次元画像撮影方法は、コード化されたパターンを投影し、投影したのと同じ光軸方向および異なる光軸方向から投影パターンをそれぞれ撮影し、投影パターンに対する同じ光軸方向から撮影した撮影パターンの変化量が所定値以上の領域について新たなコードを割り付け、この割り付けたコードを用いて異なる光軸方向から撮影した撮影パターンから距離情報を生成し、この距離情報および上述の異なる光軸方向から撮影して得た輝度情報に基づいて3次元画像を得ようにしたものである。

25 【0014】これにより本発明では、対象物に依存せず精度良く3次元画像を撮影可能な3次元画像撮影装置を得ることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の一実施例を説明する。

30 【0016】図1は、本発明に係る3次元画像撮影装置におけるカメラと投光器の配置関係を示す図である。図のように、本実施例では、3台のカメラ1～3および投光器4、6を備える。各カメラの距離関係が揃うように、図示の距離 I_1 、 I_2 、 I_3 は等しくされている。カメラ1と投光器4及びカメラ2と投光器6は、それぞれ
45 ハーフミラー5、7を用いて光軸が一致するように配置

される。カメラ1と投光器4の組とカメラ2と投光器6の組との間に、ファインダを兼ねたカメラ3が、それらと光軸が異なるように配置される。中央の光軸と両側の光軸との距離が基線長Lである。

【0017】投光器4、6は、弁別可能なパターンを投光する為にそれぞれ異なる波長の光源を有する。本実施例では、投光器4は赤外光源を有し、投光器6は紫外光源を有する。この場合、各カメラは図2に示すように構成される。すなわち、入射してきた光10は、プリズム11で3方向に分割され、一つは赤外透過フィルター12を通して撮像装置（例えばCCDカメラ）13に入射し、もう一つは紫外透過フィルター14を通して撮像装置15に入射し、残りの一つは赤外及び紫外遮断フィルター16を通して撮像装置17に入射する。但し、カメラ1は、赤外透過フィルタを有する撮像装置と赤外遮断フィルタを有する撮像装置からなるもの、カメラ2は、紫外透過フィルタを有する撮像装置と紫外遮断フィルタを有する撮像装置からなるものでよい。投光器4からは赤外光のパターンが投影され、また投光器6からは紫外光のパターンが投影され、3台のカメラ1～3が同時に撮影を行う。そして各カメラは、各フィルターを通過した光をそれぞれ撮像装置で得ることにより、画像の一括取得を行う。

【0018】図3は、本発明に係る3次元画像撮影装置の一実施例を示す図である。図示のように、カメラ1は、撮影して得た輝度情報を輝度値メモリ21に記憶し、赤外光の撮影パターンをパターン画像メモリ22に記憶する。カメラ2は、同様に、輝度情報を輝度値メモリ23に記憶し、紫外光の撮影パターンをパターン画像メモリ24に記憶する。カメラ3は、輝度情報を輝度値メモリ25に記憶し、赤外光の撮影パターンをパターン画像メモリ26に、紫外光の撮影パターンをパターン画像メモリ27に記憶する。投光器4、6は、事前に作成したコード化されたパターンを後に参照する為に、各スリットを正方格子のセルに分割してそれぞれフレームメモリ28、32に格納している。

【0019】この記憶保持された撮影パターンおよび輝度情報を用いて、次のようにして3次元画像を得る。以下の操作は、カメラ1とカメラ3の組み合わせ、カメラ2とカメラ3の組み合わせの双方に共通なので、ここではカメラ1とカメラ3の組み合わせを例にとって説明する。

【0020】図3において、領域分割部29は、カメラ1で撮影された撮影パターンの領域分割を行う。そして、隣り合うスリットパターン間の強度差が閾値以下である領域については投光器からの光が届いてない領域1として抽出し、スリットパターン間の強度差が閾値以上である領域については領域2として抽出する。再コード化部30は、抽出された領域2について、パターン画像メモリ22に記憶された撮影パターンとフレームメモリ

28に格納された投影パターンを用いて再コード化を行う。

【0021】図4は、再コード化を行う際のフローチャートである。まず、各スリットパターンをスリット幅毎に縦方向に分割し（ステップ41）、正方形のセルを生成する。生成された各セルについて強度の平均値を取り、平均値を各セルの強度とする（ステップ42）。画像の中心から順に、投影パターン及び撮影パターンの対応する各セル間の強度を比較し、対象物の反射率、対象物までの距離などの要因によってパターンが変化するためにセル間の強度が閾値以上異なるかどうかを判断する（ステップ43）。閾値以上異ならない場合は、撮影されたすべてのセルについて再コード化を終了する（ステップ47）。閾値以上異なる場合は、新たな強度のセルかどうか判断する（ステップ44）。そして、新たな強度のセルのときは、新たなコードの生成、割り付けを行う（ステップ45）。また、新たな強度のセルでないときは、他に出現している部位と識別可能とするスリットパターンの並びを用いてコード化する（ステップ46）。これで、再コード化を終了する（ステップ47）。

【0022】図5はスリットパターンのコード化の例を示すもので、同図（a）はスリットの並びによってコード化された投影パターンであり、強度としてそれぞれ3（強）、2（中）、1（弱）が割り当てられている。同図（b）においては、左から3つめのセルで強度が変化して新たなコードが出現したので、新たに0というコードを割り当てている。同図（c）においては、左から3つめ上から2つめのセルに既存のコードが出現しているので、セルの並びから新たなコードとして、縦の並びを「232」、横の並びを「131」という具合に再コード化する。この再コード化は、対象の形状が変化に富む部位には2次元パターンなどの複雑なパターンを投光し、変化の少ない部位には簡単なパターンを投光しているのに等しい。この過程を繰り返し、全てのセルに対して一意なコードを割り付けることで再コード化を行う。

【0023】図6は、カメラ1～3および投光器4、6を用いて、壁61の前に配置された板62にコード化されたパターンを投光する例を示す。ここでコード化されたパターンは、図7に示すスリットパターンである。このとき、カメラ1、カメラ3で得られる画像は、それぞれ図8及び図9に示すようになる。本例では、板62の表面には新たにコード化されたパターンとして、図10に示すようなスリットパターンが得られる。

【0024】次に図3に戻って説明する。同図のコード復号部31は、パターン画像メモリ26から投影パターンを抽出し、上述と同様にしてセルに分割する。そして、先に再コード化部30で再コード化されたコードを用いて各セルのコードを検出し、この検出したコードに基づいて光源からのスリット角 θ を算出する。図11は

空間コード化における距離の算出方法を示す図であり、各画素の属するセルのスリット角 θ とカメラ1で撮影された画像上のx座標とカメラパラメータである焦点距離Fと基線長Lとから、次の(数1)によって距離Zを算出する。

【0025】

【数1】

$$Z = (F \times L) / (x + F \times \tan \theta) \quad (\text{数1})$$

【0026】この距離Zの算出は、カメラ2側においても同様に行われる。即ち、図3の再コード化部34は、抽出された領域2について、パターン画像メモリ24に記憶された撮影パターンとフレームメモリ32に格納された投影パターンを用いて再コード化を行う。そしてコード復号部35は、パターン画像メモリ27から投影パターンを抽出し、上述と同様にしてセルに分割する。そして、先に再コード化部34で再コード化されたコードを用いて各セルのコードを検出し、この検出したコードに基づいて光源からのスリット角 θ を算出し、距離を求める。

【0027】また、上述の領域1については次のようにして距離を算出する。領域1では、投光されたパターンによるパターン検出は行うことができないので、対応点探索部36、37において、カメラ1～3の輝度値メモリ21、23、25から読み出された輝度情報を用いて視差を検出し、これに基づいて距離を算出する。領域1を除く領域に対しては、前述の操作により距離が算出されているので、領域1の距離の最小値が得られ、また対応づけ可能な画素も限定される。これらの制限を用いて、画素間の対応づけを行い視差dを検出し、カメラパラメータである画素サイズ λ を用いて、次の(数2)によって距離Zを算出する。

【0028】

【数2】

$$Z = (L \times F) / (\lambda \times d) \quad (\text{数2})$$

【0029】前述の手法でカメラ1とカメラ3の組み合わせによって得られた距離情報では、図9に示す板の影となる領域91の距離情報が検出できない。一方、カメラ2とカメラ3の組み合わせによって得られた距離情報では、図12に示す板の影となる領域121の距離情報が検出できないが、図9に示す板の影となる領域91の距離は算出可能である。図3の距離情報統合部33において、カメラ1とカメラ3の組で算出された距離情報およびカメラ2とカメラ3で算出された距離情報、並びにカメラ1～3の輝度情報から算出された距離情報を、カメラ3で取得した輝度情報と統合することにより3次元画像情報を得る。以上の操作によって得られた3次元画像情報を3次元画像メモリ39に記憶することで3次元画像撮影が行なわれる。

【0030】本発明は上記実施例に限られるものではない。上記実施例では、光源として赤外光源あるいは紫外

光源を用いているが、弁別可能なパターンが投光可能であれば他の波長を用いても実現できる。また、それぞれパターンを強度だけでなく、2つの波長の違いを利用したコード化も可能である。例えば、2つの異なる赤外波長光を用いて図13(a)のようにコード化することができる。本図では、ハッチングされている部分とハッチングされていない部分で波長が異なる。このようなパターンを投影する為には、図13(b)、(c)に示すようなマスクパターンを用いる。投影パターンを2つの波長でコード化することによって、単なる強度によるパターンのコード化よりも識別が容易となる。また対象物の反射率や形状によって、あるパターンが他の部分のパターンと同じパターンに変化してしまう確率が減少する。これにより誤認識が減り、再コード化にかかる計算量も減少する。

【0031】システム構成については、本実施例では、投光器とカメラから構成される部分を2組用いたが、組み合わせを増やし多数決論理などを導入した構成やカメラ配置を異ならせる構成も考えられる。

【0032】本発明によれば、投影したパターンを同じ光軸で撮影したパターンを用いて再コード化することにより、精度良く3次元形状計測を行うことができる。この再コード化により、対象物の形状によってパターン光を変化させるのに等しい効果を得ることができる。カメラの配置と組み合わせによって、パターン投影法で問題となるオクルージョンを排除できる。不可視光による投光と3つの撮像手段をもつカメラ等を用い、フィルタによって分光することで画像の一括取得が可能である。従って、対象の形状や撮影条件に依存せず、ファインダーとなる画面中にオクルージョンのない3次元距離計測を行うことができる。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば、対象物に依存せず精度良く3次元画像を撮影可能な3次元画像撮影装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る3次元画像撮影装置におけるカメラと投光器の配置関係を示す図である。

【図2】カメラの構成例を示す図である。

【図3】本発明に係る3次元画像撮影装置の一実施例を示すブロック図である。

【図4】再コード化を行う際のフローチャートである。

【図5】(a)～(c)はそれぞれスリットパターンのコード化の例を示す図である。

【図6】カメラ及び投光器を用いて投影パターンを投光、撮影する例を示す図である。

【図7】投影パターンの一例を示す図である。

【図8】投光器の光軸方向から撮影されたスリットパターンの一例を示す図である。

【図9】投光器の光軸方向と異なる方向から撮影された

スリットパターンの一例を示す図である。

【図10】新たにコード化されたスリットパターンの一例を示す図である。

【図11】空間コード化における距離の算出方法を示す図である。

【図12】投光器の光軸方向と異なる方向から撮影されたスリットパターンの一例を示す図である。

【図13】(a)は異なる波長光による投影パターンの一例を示す図、(b)および(c)はそのマスクパターンを示す図である。

【符号の説明】

1、2、3 カメラ

4、6 投光器

21、23、25 輝度値メモリ

22、24、26、27 パターン画像メモリ

05 28、32 フレームメモリ

29、33 領域分割部

30、34 再コード化部

31、35 コード復号部

36、37 対応点探索部

10 38 距離情報統合部

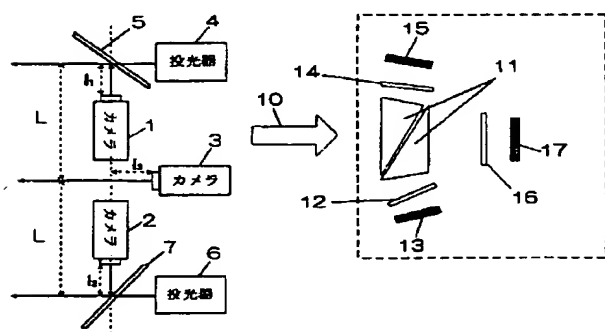
39 3次元画像メモリ

【図1】

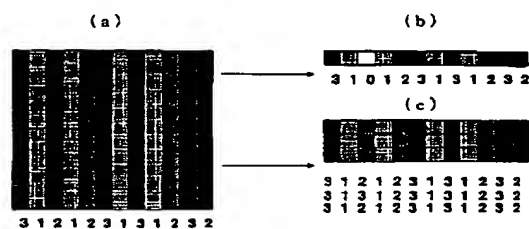
【図2】

【図3】

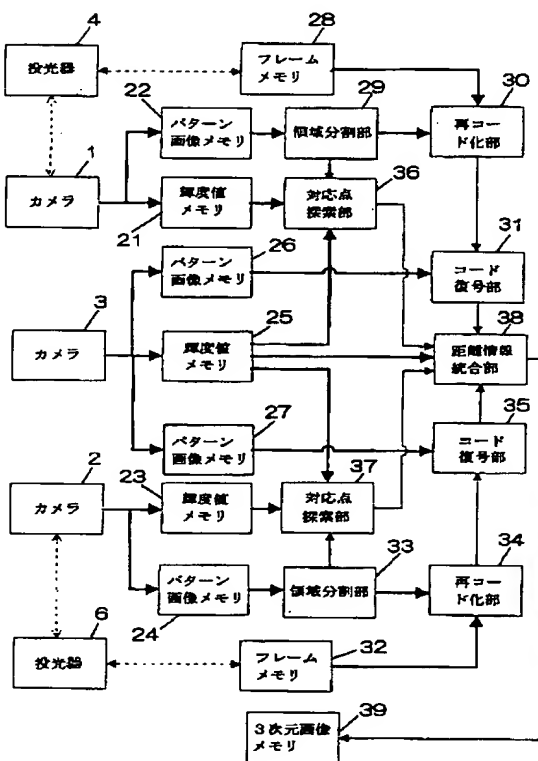
【図10】



【図5】



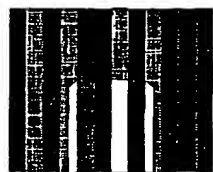
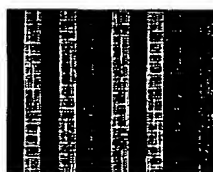
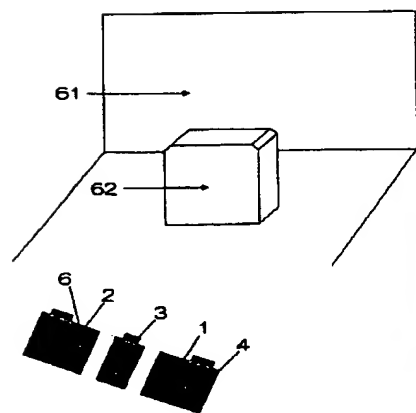
【図6】



【図7】

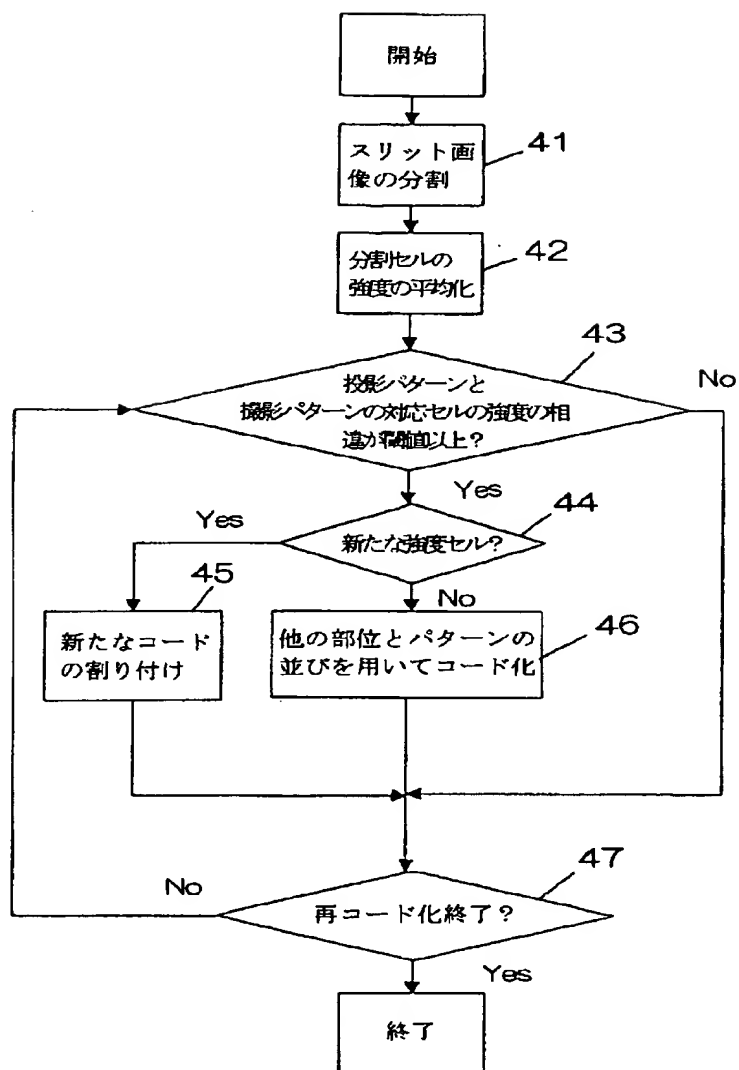
【図8】

【図9】

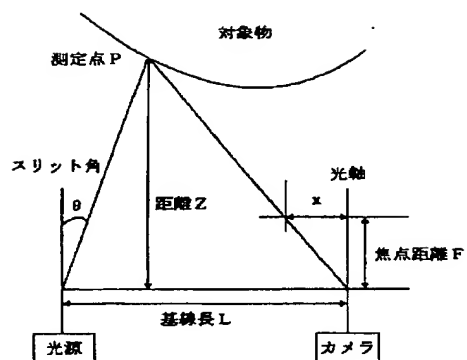


91

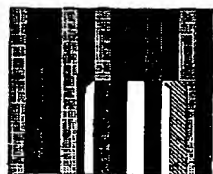
【図4】



【図11】

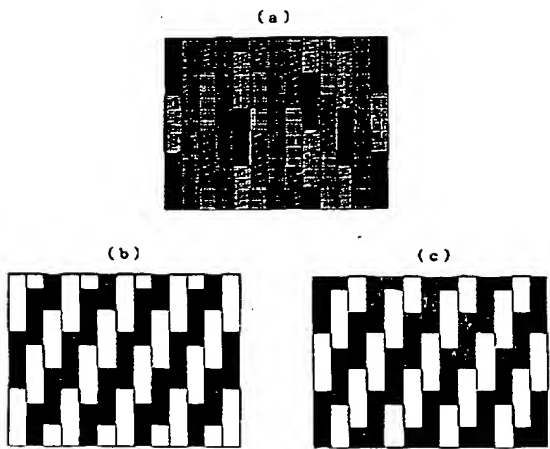


【図12】



121

【図13】



フロントページの続き

F ターム (参考) 2F065 AA06 AA53 DD03 DD04 DD06
DD09 FF01 FF04 FF05 FF09
GG01 GG23 HH07 JJ03 JJ05 25
JJ26 LL04 LL22 PP22 PP23
QQ03 QQ24 QQ31

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.